

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



PCT/EP04/51904

# BREVET D'INVENTION

REG. 20 OCT 2004

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

INPO

PCT

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 31 AOUT 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**BEST AVAILABLE COPY**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

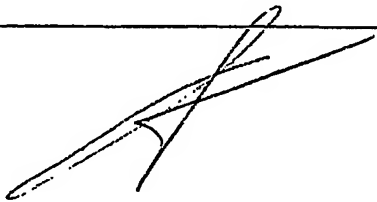
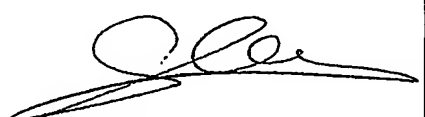
03 540 W / 260899

<b>REMISE EN DÉPÔT</b> <b>DATE</b> 26 SEPT 2003 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE</b> 26 SEP. 2003 PAR L'INPI <b>Vos références pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> 63153		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <b>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Monsieur Vladimir CHAVERNEFF THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL Cedex	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	45, rue de Villiers	
	Code postal et ville	92520	NEUILLY-SUR-SEINE
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

<b>26 SEPT 2003</b> REMISE DES PIÈCES DATE <b>75 INPI PARIS</b> LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI <b>0311317</b>		DB 540 W / 260899	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		63153			
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom		CHAVERNEFF			
Prénom		Vladimir			
Cabinet ou Société		THALES			
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325			
Adresse	Rue	31-33, avenue Aristide Briand			
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01.41.48.45.14			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01.41.48.45.01			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)			
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non			
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention. <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>			
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)				<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> 	
Vladimir CHAVERNEFF					

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

## DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE

La présente invention se rapporte à un dispositif capteur de vitesse de rotation  
5 (gyromètre) interférométrique à fibre optique.

Le dispositif capteur de vitesse de rotation auquel se rapporte l'invention est basé sur un principe interférométrique à deux ondes dans lequel l'un des miroirs est un composant d'optique non linéaire du type miroir à conjugaison de phase. Le système de gyrométrie réalisé à partir de ce capteur repose sur les deux propriétés suivantes  
10 de l'interféromètre qui ont été mises en évidence pour la première fois dans la référence suivante : Ph. Graindorge et al « Fused reciprocity using phase conjugation » in Fiber Optic Rotation Sensors – Springer Verlag, 1982.

Ces propriétés sont les suivantes :

- Si un déphasage réciproque  $\delta\varphi_r$  est introduit sur le bras signal, il n'est pas vu par  
15 le détecteur ( $+\varphi_r - \varphi_r = 0$ ).
- Si un déphasage non réciproque  $\varphi_{nr}$  est introduit sur le bras signal, on mesure après détection une variation de phase  $2\varphi_{nr}$ .

Par conséquent, l'interféromètre ne voit que les effets de déphasage non réciproque, ce qui est le cas de l'effet Sagnac, mis à profit pour réaliser un capteur de  
20 vitesse de rotation.

La génération de l'onde conjuguée est réalisée dans le milieu laser lui-même. C'est une source monomode et monofréquence état solide. Des expériences de conjugaison de phase efficaces ont déjà fait l'objet de publications, en particulier dans les matériaux lasers Nd-YAG et Nd-YVO<sub>4</sub> – (Voir : A. Brignon et al « Phase  
25 conjugation in a continuous wave diode pumped Nd-YVO<sub>4</sub> laser in Applied Physics B, 1999). Pour réaliser un gyromètre, le faisceau issu du laser est injecté dans une boucle de fibre (de diamètre D et à N spires, ce qui fait que la longueur L de la fibre fibre est:  $L = N \times \pi D$ ).

On connaît des gyromètres à fibre optique monomode à maintien de polarisation.  
30 Une telle fibre optique est relativement difficile à aligner optiquement avec les dispositifs optiques qui doivent lui être couplés.

La présente invention a pour objet un capteur de vitesse de rotation à fibre optique pouvant utiliser une fibre optique à grand coeur, facile à aligner optiquement avec les dispositifs qui lui sont associés.

Le dispositif capteur de vitesse de rotation interférométrique à fibre optique de  
 5 l'invention comporte une source laser associée à une fibre optique et à un dispositif réalisant l'interférence entre le faisceau de la source laser et le faisceau issu de la fibre optique, et il est caractérisé en ce que la source laser est une cavité optique à milieu laser à gain et qu'il comporte sur le trajet du faisceau de sortie de la cavité laser un dispositif séparateur de faisceaux associé à un dispositif réfléchissant, le  
 10 faisceau séparé du faisceau de sortie de la cavité laser étant envoyé dans une des extrémités de la fibre optique dont l'autre extrémité est orientée vers le milieu laser à gain, le dispositif séparateur étant suivi d'un détecteur.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par  
 15 le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est un schéma simplifié d'un capteur interférométrique conforme à l'invention,
- la figure 2 est un schéma simplifié d'un séparateur diffractif pouvant être utilisé dans le capteur de l'invention,
- 20 - la figure 3 est un schéma simplifié d'un capteur interférométrique conforme à l'invention, incorporant le séparateur de la figure 2, et
- la figure 4 est un schéma partiel d'un capteur interférométrique conforme à l'invention, utilisant une fibre optique sans maintien de polarisation.

Le dispositif interférométrique schématisé en figure 1 comporte : un laser  
 25 compact 1, qui est dans le cas présent un milieu à gain constitué par une cavité optique 2 définie entre deux miroirs 3, 4 et pompée par un faisceau 5 émis par des diodes de pompage 5A, un milieu laser 6 étant disposé dans cette cavité 2. Ce laser est monomode et monofréquence et fonctionne en mode continu et polarisé. A l'intérieur de la cavité 2, oscillent deux faisceaux contrapropagatifs 2a et 2b. Sur le  
 30 trajet du faisceau de sortie 2c du laser 1, on dispose une lame séparatrice 7, et derrière cette lame, dans le prolongement du même trajet, un miroir 8,

perpendiculaire à ce trajet. Le faisceau 2d, prélevé par la lame 7 à partir du faisceau 2c, est injecté dans une extrémité d'une fibre optique 9 en forme de bobine plate, bobinée régulièrement. L'autre extrémité de la fibre 9 est dirigée vers le centre du milieu laser 6 pour y intersecter les faisceaux 2a et 2b. Le faisceau 9a sortant de la fibre 9 en direction du milieu à gain 6 interfère avec les faisceaux 2a et 2b à l'intérieur du milieu 6 en créant un hologramme dynamique. Les faisceaux 2a et 2b, en se diffractant sur cet hologramme, génèrent un faisceau conjugué 2e qui est envoyé dans la fibre 9. En sortant de la fibre 9, ce faisceau 2e traverse la lame 7 et arrive sur un détecteur photoélectrique 10, sur lequel arrive également un faisceau 2c' qui représente la partie du faisceau 2c réfléchi par le miroir 8 et par la lame 7 en direction du détecteur 10. Ces deux faisceaux 2e et 2c' interfèrent entre eux sur le détecteur 10.

L'ensemble décrit ci-dessus constitue l'équivalent d'un interféromètre de Michelson dans lequel l'un des miroirs est un miroir non linéaire constitué par le milieu à gain 6.

Au niveau du photodétecteur 10, si  $\phi$  est le déphasage entre les deux faisceaux 2e et 2c', l'expression de l'intensité détectée par le détecteur 10 est de la forme :  $I_D = I_0 (1 + \cos \phi)$ . La position du miroir 8 est choisie pour réaliser la condition  $\phi = \frac{\pi}{4}$  qui permet de se situer dans la zone de réponse linéaire de l'interféromètre. Dans ces conditions le signal  $I_D$  issu du photodétecteur 10 s'écrit :

$$I_D = \frac{I_0}{2} \times \delta\phi_{NR}$$

où  $\delta\phi_{NR}$  est le déphasage non réciproque dû à l'effet Sagnac dans la boucle de fibre 9 de N spires.

$$\delta\phi_{NR} = \frac{4\pi LD}{\lambda_0 c_0} \times \Omega$$

avec :

$\Omega$  = vitesse de rotation angulaire de la bobine de fibre optique 9

D = diamètre de la bobine de fibre optique 9

L = longueur de la fibre optique

$\lambda_0$  = longueur d'onde du laser 1 dans le vide

$c_0$  = vitesse de la lumière dans le vide.

Un autre mode de réalisation du dispositif de l'invention est représenté en figures 2 et 3, la figure 2 représentant un détail de l'ensemble schématisé en figure 3.

5 Le dispositif capteur représenté en figure 3 est similaire à celui de la figure 1, à la différence principale que le séparateur de faisceau 7 est remplacé par un réseau de diffraction fonctionnant à la fois en mode réflexion et en mode transmission. Ce dispositif capteur comporte essentiellement une cavité laser 15, similaire à la cavité 2, une bobine plate de fibre optique 14 et un dispositif 13 séparateur de faisceaux et  
10 réfléchissant, représenté en détail en figure 2.

Plus précisément, comme indiqué sur la figure 2, le faisceau L issu de la cavité laser 15 est diffracté dans la direction  $\pm \theta$ , respectivement par réflexion (faisceau R) et transmission (faisceau D). Ce type de réseau est par exemple réalisé de façon connue en soi par des techniques d'inscription holographique dans des  
15 matériaux photopolymères (réseau par variation d'indice photoinduite ou réseau de relief. Ces deux types de réseaux peuvent être également multiplexés dans le même volume de matériau photopolymère. Le faisceau réfléchi R est couplé dans la bobine de fibre 14 (figure 3) puis conjugué après réflexion sur le miroir non linéaire que constitue le milieu laser 16 (similaire ou identique à celui de la cavité 2 de la figure  
20 1). Le faisceau conjugué C est envoyé dans la fibre 14 et interfère dans le réseau 13 avec le faisceau L issu de la source. L'intérêt de ce composant diffractif est de pouvoir réaliser facilement la condition  $\varphi = \frac{\pi}{4}$  pour la détection interférométrique.

En interférant avec le faisceau L, le faisceau conjugué C crée une structure de franges dont la période correspond au pas du réseau par transmission. Dans ces  
25 conditions, sur le détecteur 17 interfèrent le faisceau C directement transmis par le réseau et le faisceau D issu de la diffraction de L par le réseau 13. Il est connu des phénomènes de couplage de faisceaux par les réseaux que le déphasage entre les deux faisceaux D et C est contrôlé par la position du réseau par rapport aux franges d'interférences entre C et L. Pour réaliser la condition de détection linéaire, on  
30 assurera un décalage spatial du réseau d'un quart de période lors de son inscription.

Le capteur de vitesse de rotation par interféromètre à fibre conforme à l'invention est compatible avec l'utilisation d'une fibre multimode. Dans la mesure où l'on réalise une fonction de mélange à quatre faisceaux dans la cavité (à savoir : les faisceaux L et L', qui se propagent en sens contraires dans la cavité 15 et les faisceaux R et C), le faisceau issu de la fibre peut être multimode : par conjugaison de phase on retrouve un faisceau C à onde plane qui est identique à celui injecté dans la bobine de fibre optique.

Le principe de fonctionnement du dispositif de l'invention est également compatible avec l'utilisation d'une fibre optique sans maintien de polarisation. Comme précisé dans la référence : « Gain grating analysis of a self starting... » de P. Sillard et al. IEEE - J.Q.E March 98, cette fonction est obtenue en introduisant dans la cavité 15 (figure 4) une première lame quart d'onde 18 entre le miroir 19 et le milieu laser à gain 16, une deuxième lame quart d'onde 20 de l'autre côté du milieu laser 16, et un polariseur 21 entre la lame 20 et le deuxième miroir de cavité 22. Les deux lames quart d'onde 18, 20 et le polariseur 21 permettent de créer deux faisceaux laser contrapropagatifs, de polarisations circulaires et orthogonales entre elles (à savoir : polarisations circulaire gauche et circulaire droite). Il est connu par ailleurs que le mélange à quatre faisceaux avec ces deux faisceaux polarisés circulairement permet de réaliser de la conjugaison de phase vectorielle, c'est-à-dire que la dépolarisation de la fibre se trouve ainsi corrigée.

Selon des exemples de réalisation du dispositif de l'invention, le milieu laser était en Nd-YAG puis en Nd-YVO<sub>4</sub>, la fibre était monomode, puis multimode à faibles pertes, et le composant diffractif était réalisé par holographie sur un matériau photopolymère.

Les avantages du dispositif de l'invention sont les suivants :

- il met en œuvre une source laser continue et compacte, pompée par des diodes et servant à la génération d'une onde conjuguée par mélange à quatre faisceaux intracavité.

- l'utilisation d'un séparateur de faisceau réalisé par un composant diffractif permet de fonctionner dans la région de réponse linéaire de l'interféromètre.



- le dispositif peut utiliser une bobine de fibre multimode ou de fibre monomode sans maintien de polarisation.

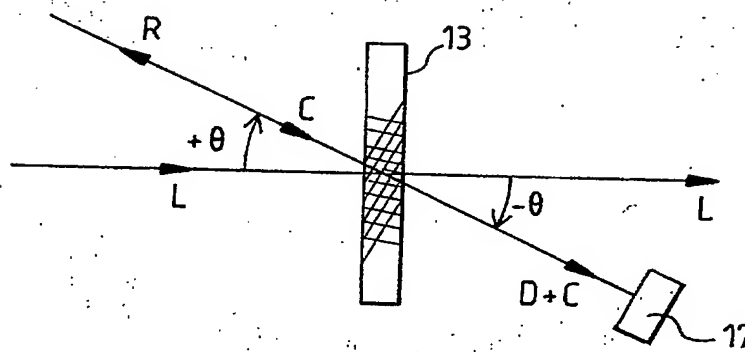
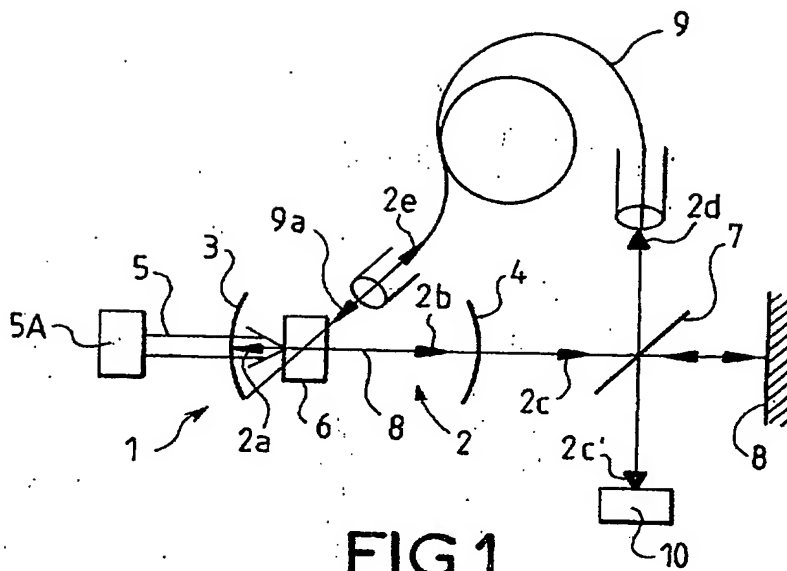
- l'interféromètre n'est sensible qu'aux effets de déphasage non réciproques. En particulier son point de fonctionnement n'est pas affecté par les variations lentes  
5 de chemin optique dans la bobine de fibre (dus à des variations de température).

## REVENDECATIONS

1. Dispositif capteur de vitesse de rotation interférométrique à fibre optique comportant une source laser (2, 15) associée à une fibre optique (9,14) et à un dispositif réalisant l'interférence entre le faisceau de la source laser et le faisceau issu de la fibre optique, caractérisé en ce que la source laser est une cavité optique à milieu laser à gain (6, 16) et qu'il comporte sur le trajet du faisceau de sortie de la cavité laser un dispositif séparateur de faisceaux (7, 13) associé à un dispositif réfléchissant (8, 13), le faisceau (2d, R) séparé du faisceau de sortie de la cavité laser (2c, L) étant envoyé dans une des extrémités de la fibre optique dont l'autre extrémité est orientée vers le milieu laser à gain, le dispositif séparateur étant suivi d'un détecteur (10, 17).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif réfléchissant associé au séparateur est distinct de celui-ci et est un miroir (8).
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le séparateur est un réseau de diffraction fonctionnant à la fois en réflexion et en transmission (13) et joue ainsi le rôle de dispositif réfléchissant.
4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la position dudit miroir est réglée pour obtenir un déphasage de  $\pi/4$  entre le faisceau réfléchi par ledit miroir et le faisceau provenant de la fibre optique.
5. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau de variation d'indice.
6. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau de relief.
7. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau résultant du multiplexage d'un réseau de variation d'indice et d'un réseau de relief.
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fibre optique est une fibre multimode.
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on dispose dans la cavité laser deux lames quart d'onde (18, 20) et un polariseur (21).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la fibre optique est une fibre sans maintien de polarisation.

1/2



2/2

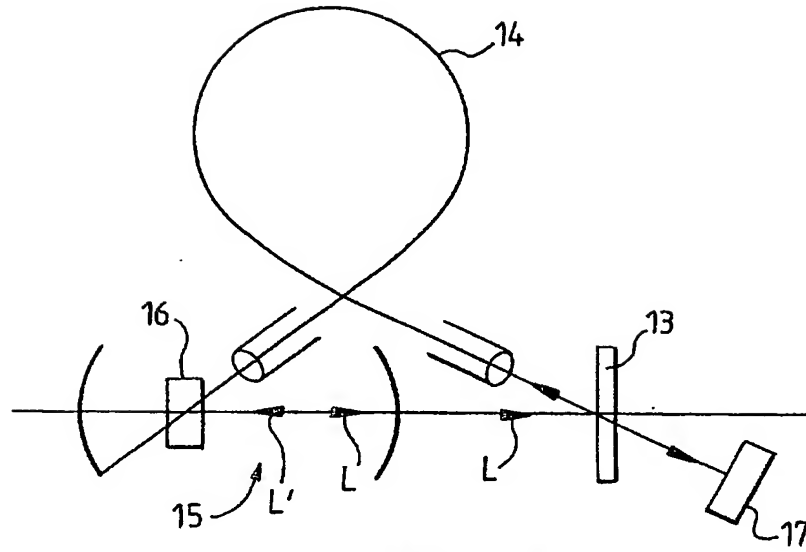


FIG.3

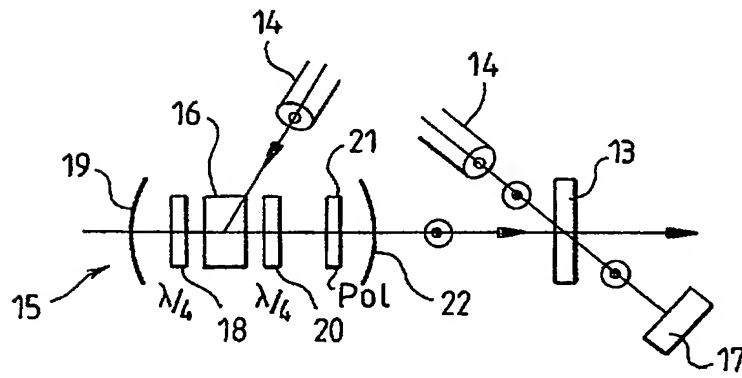


FIG.4



**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
 Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
 N° 11 235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

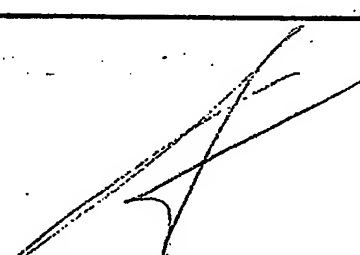
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
 75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.  
 (Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		63153	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03/11 31X	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
THALES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		HUIGNARD	
Prénoms		Jean-Pierre	
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BRIGNON	
Prénoms		Arnaud	
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
12 6 SEP. 2003 Vladimir CHAVERNEFF			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**